

	DIN EN 16272-5	
ICS 93.100	Ersatz für DIN CEN/TS 16272-5 (DIN SPEC 1637):2014-09	
Bahnanwendungen – Oberbau – Lärmschutzwände und verwandte Vorrichtungen zur Beeinflussung der Luftschallausbreitung – Prüfverfahren zur Bestimmung der akustischen Eigenschaften – Teil 5: Produktspezifische Merkmale – In-situ-Werte zur Schallreflexion in gerichteten Schallfeldern; Deutsche Fassung EN 16272-5:2023 Railway applications – Infrastructure – Noise barriers and related devices acting on airborne sound propagation – Test method for determining the acoustic performance – Part 5: Intrinsic characteristics – Sound absorption under direct sound field conditions; German version EN 16272-5:2023 Applications ferroviaires – Infrastructure – Dispositifs de réduction du bruit – Méthode d’essai pour la détermination de la performance acoustique – Partie 5: Caractéristique intrinsèques – Absorption acoustique dans des conditions de champ acoustique direct; Version allemande EN 16272-5:2023		
Gesamtumfang 74 Seiten		
DIN-Normenausschuss Fahrweg und Schienenfahrzeuge (FSF)		

Nationales Vorwort

Dieses Dokument (EN 16272-5:2023) wurde vom Technischen Komitee CEN/TC 256 „Eisenbahnwesen“ erarbeitet, dessen Sekretariat von DIN (Deutschland) gehalten wird.

Das zuständige deutsche Normungsgremium ist der Unterausschuss NA 087-00-01-11 UA „Lärmschutzwände an Schienenwegen“ im DIN-Normenausschuss Fahrweg und Schienenfahrzeuge (FSF).

DIN EN 16272 besteht unter dem allgemeinen Titel *Bahnanwendungen — Oberbau — Lärmschutzwände und verwandte Vorrichtungen zur Beeinflussung der Luftschallausbreitung — Prüfverfahren zur Bestimmung der akustischen Eigenschaften* aus den folgenden Teilen:

- Teil 1: Produktspezifische Merkmale — Schallabsorption (Labormethode) bei diffusen Schallfeldern
- Teil 2: Produktspezifische Merkmale — Luftschalldämmung unter den Bedingungen eines diffusen Schallfeldern
- Teil 3-1: Standardisiertes Schienenverkehrslärmspektrum und Einzahl-Angaben für Anwendungen im diffusen Schallfeld
- Teil 3-2: Standardisiertes Schienenverkehrslärmspektrum und Einzahl-Angaben für gerichtete Schallfelder
- Teil 4: Produktspezifische Merkmale — In-situ-Werte zur Schallbeugung in gerichteten Schallfeldern
- Teil 5: Produktspezifische Merkmale — In-situ-Werte zur Schallreflexion in gerichteten Schallfeldern
- Teil 6: Produktspezifische Merkmale — In-situ-Werte zur Luftschalldämmung in gerichteten Schallfeldern
- Teil 7: Fremdspezifische Merkmale — In-situ-Werte zur Einfügungsdämpfung (DIN CEN/TS 16272-7)

Dieses Dokument enthält neben den gesetzlichen Einheiten auch die Einheit inch (in), die in Deutschland nicht zugelassen ist. Es wird ausdrücklich darauf hingewiesen, dass die Anwendung dieser Einheit im nationalen amtlichen und geschäftlichen Verkehr auf Grund des Gesetzes über Einheiten im Messwesen und die Zeitbestimmung (EinhZeitG) nicht zulässig ist. Die Angabe dieser Einheit dient lediglich als Hilfe im amtlichen und geschäftlichen Verkehr (z. B. bei Einfuhr und Ausfuhr) mit solchen Staaten, die diese Einheit anwenden.

Umrechnung:

Nicht zugelassene Einheit	Zugelassene Einheit	Umrechnung
in (inch)	mm	1 inch = 25,4 mm

Aktuelle Informationen zu diesem Dokument können über die Internetseiten von DIN (www.din.de) durch eine Suche nach der Dokumentennummer aufgerufen werden.

Änderungen

Gegenüber DIN CEN/TS 16272-5 (DIN SPEC 1637):2014-09 wurden folgende Änderungen vorgenommen:

- a) die Literaturhinweise wurden aktualisiert;
- b) die rotierende Lautsprecher-Mikrofon-Einheit wurde durch eine quadratische Anordnung aus Lautsprecher und neun Mikrofonen (das Messgitter) ersetzt;

- c) die Definition von RI wurde geändert;
- d) der Korrekturfaktor für die geometrische Divergenz wurde geändert;
- e) ein neuer Korrekturfaktor für den Richtfaktor der Schallquelle wurde eingeführt;
- f) ein neuer Korrekturfaktor für die Verstärkungsfehlانpassung wurde eingeführt;
- g) die Anpassung der Impulsantwort für die Signalsubtraktion wird ausführlicher beschrieben;
- h) das unterste verlässliche Terzband wurde besser definiert (Anhang A);
- i) die Einzahl-Angabe DL_{RI} wird jetzt mit einer Dezimalstelle angegeben;
- j) eine Methode zur Bewertung der Unsicherheit des Messverfahrens anhand von Vergleichpräzisionsdaten wurde eingeführt (Anhang B);
- k) ein ausführliches Beispiel ist angegeben (Anhang C);
- l) ein neuer Anhang über Messungen in Innenräumen wurde hinzugefügt (Anhang D).

Frühere Ausgaben

DIN CEN/TS 16272-5 (DIN SPEC 1637): 2014-09

– Leerseite –

Deutsche Fassung
Bahnanwendungen —
Oberbau —
Lärmschutzwände und verwandte Vorrichtungen zur
Beeinflussung der Luftschallausbreitung —
Prüfverfahren zur Bestimmung der akustischen Eigenschaften —
Teil 5: Produktspezifische Merkmale —
In-situ-Werte zur Schallreflexion in gerichteten Schallfeldern

Railway applications —
Infrastructure —
Noise barriers and related devices acting on airborne
sound propagation —
Test method for determining the acoustic performance —
Part 5: Intrinsic characteristics —
Sound absorption under direct sound field conditions

Applications ferroviaires —
Infrastructure —
Dispositifs de réduction du bruit —
Méthode d'essai pour la détermination de la performance
acoustique —
Partie 5: Caractéristique intrinsèques —
Absorption acoustique dans des conditions de champ
acoustique direct

Diese Europäische Norm wurde vom CEN am 8. Oktober 2023 angenommen.

Die CEN-Mitglieder sind gehalten, die CEN/CENELEC-Geschäftsordnung zu erfüllen, in der die Bedingungen festgelegt sind, unter denen dieser Europäischen Norm ohne jede Änderung der Status einer nationalen Norm zu geben ist. Auf dem letzten Stand befindliche Listen dieser nationalen Normen mit ihren bibliographischen Angaben sind beim CEN-CENELEC-Management-Zentrum oder bei jedem CEN-Mitglied auf Anfrage erhältlich.

Diese Europäische Norm besteht in drei offiziellen Fassungen (Deutsch, Englisch, Französisch). Eine Fassung in einer anderen Sprache, die von einem CEN-Mitglied in eigener Verantwortung durch Übersetzung in seine Landessprache gemacht und dem Management-Zentrum mitgeteilt worden ist, hat den gleichen Status wie die offiziellen Fassungen.

CEN-Mitglieder sind die nationalen Normungsinstitute von Belgien, Bulgarien, Dänemark, Deutschland, Estland, Finnland, Frankreich, Griechenland, Irland, Island, Italien, Kroatien, Lettland, Litauen, Luxemburg, Malta, den Niederlanden, Norwegen, Österreich, Polen, Portugal, der Republik Nordmazedonien, Rumänien, Schweden, der Schweiz, Serbien, der Slowakei, Slowenien, Spanien, der Tschechischen Republik, der Türkei, Ungarn, dem Vereinigten Königreich und Zypern.



EUROPÄISCHES KOMITEE FÜR NORMUNG
EUROPEAN COMMITTEE FOR STANDARDIZATION
COMITÉ EUROPÉEN DE NORMALISATION

CEN-CENELEC Management-Zentrum: Rue de la Science 23, B-1040 Brüssel

Inhalt

	Seite
Europäisches Vorwort	5
Einleitung	7
1 Anwendungsbereich	9
2 Normative Verweisungen	9
3 Begriffe, Definitionen, Symbole und Abkürzungen	10
3.1 Begriffe und Definitionen	10
3.2 Symbole und Abkürzungen	14
4 Messungen des Schallreflexionsindexes	16
4.1 Allgemeines Prinzip	16
4.2 Messgröße	17
4.3 Prüfanordnung	20
4.3.1 Allgemeines	20
4.3.2 Prüfungen an eigens gebauten Prüfkörpern in Originalgröße	21
4.3.3 Installierte Lärmschutzwände und verwandte Vorrichtungen	21
4.3.4 Geneigte oder gekrümmte Lärmschutzwände und verwandte Vorrichtungen	23
4.4 Messvorrichtung	26
4.4.1 Komponenten des Messsystems	26
4.4.2 Schallquelle	27
4.4.3 Prüfsignal	27
4.5 Datenverarbeitung	28
4.5.1 Kalibrierung	28
4.5.2 Abtastrate und Filterung	29
4.5.3 Hintergrundgeräusch	30
4.5.4 Signal-Subtraktions-Verfahren	31
4.5.5 Genaues Ausrichtungsverfahren	32
4.5.6 Adrienne-Zeitfenster	34
4.5.7 Anordnung des Adrienne-Zeitfensters	36
4.5.8 Größte abgetastete Fläche	38
4.6 Anordnung der Messvorrichtung	39
4.6.1 Allgemeines	39
4.6.2 Auswahl der Messpositionen	39
4.6.3 Berücksichtigung von relevanten und Störreflexionen	47
4.6.4 Untere Frequenzgrenze	50
4.6.5 Reflektierende Gegenstände	50
4.6.6 Sicherheitsaspekte	50
4.7 Prüfkörperoberfläche und Witterungsbedingungen	51
4.7.1 Zustand der Prüfkörperoberfläche	51
4.7.2 Wind	51
4.7.3 Lufttemperatur	51
4.8 Einzahl-Angabe der Schallabsorption in einem gerichteten Schallfeld <i>DLRI</i>	51
5 Messunsicherheit	51
6 Ablauf der Messung	51
7 Prüfbericht	52
Anhang A (informativ) Untere Frequenzgrenze und Fensterbreite	54
A.1 Allgemeines	54
Anhang B (informativ) Messunsicherheit	58
B.1 Allgemeines	58
B.2 Messunsicherheit auf der Grundlage von Vergleichpräzisionsdaten	58
B.3 Standardabweichung der Wiederholpräzision und Vergleichpräzision des Schallreflexionsindexes	58

Anhang C (normativ) Vorlage für den Prüfbericht zum Schallreflexionsindex von	
Lärmschutzwänden für Eisenbahnen und verwandten Vorrichtungen zur Beeinflussung	
der Luftschallausbreitung	60
C.1 Allgemeines	60
C.2 Prüfanordnung (Beispiel)	62
C.3 Prüfgegenstand und Prüfsituation (Beispiel)	64
C.4 Prüfergebnisse (Beispiel)	65
C.4.1 Teil 1 — Ergebnisse in tabellarischer Form	65
C.4.2 Teil 2 — Ergebnisse in grafischer Form	66
C.5 Unsicherheit (Beispiel)	66
Anhang D (informativ) Innenraummessungen für Produktqualifizierung	68
D.1 Allgemeines	68
D.2 Störreflexionen	68
D.3 Widerhallzeit des Raumes	68
Literaturhinweise	69

Bilder

Bild 1 — (nicht maßstäblich) Schema für die Prüfung der Bedingungen der Halligkeit in	
mehreren Anwendungsfällen	8
Bild 2 — (nicht maßstäblich) Schematische Darstellung der Schallquelle und des Messgitters vor	
der zu prüfenden Lärmschutzwand bei Messungen des Schallreflexionsindexes	13
Bild 3 — (nicht maßstäblich) Messpunkteraster für Messungen des Schallreflexionsindexes an	
der Vorderseite des Geräts (Schallquellenseite) — Die gelben Kreise zeigen die	
Mikrofonpositionen M1 bis M9	13
Bild 4 — (nicht maßstäblich) Schematische Darstellung der Anordnung für die	
„Freifeld“-Bezugsmessung zur Bestimmung des Schallreflexionsindexes	14
Bild 5 — (nicht maßstäblich) — Skizze mit den Mikrofonpositionen und -winkeln für die	
Berechnung des Korrekturfaktors $C_{dir,k}$	20
Bild 6 — Schematische Darstellung zur erforderlichen Mindestgröße eines ebenen Prüfkörpers	
für Messungen des Reflexionsindex im Frequenzbereich 200 Hz bis 5 kHz (siehe 4.3).	
Die neun weißen Punkte stellen das Messgitter dar. Der dünne Kreis stellt die größte	
abgetastete Fläche für das zentrale Mikrofon dar (4.5.8)	22
Bild 7 — (nicht maßstäblich) Schematische Darstellung des Aufbaus für die Messung des	
Schallreflexionsindex vor einem nicht ebenen Prüfkörper mit einer räumlich	
periodischen Welligkeit in vertikaler Richtung (periodische Länge L_p in vertikaler	
Richtung); eine zusätzliche Periode der Struktur, die auf der Oberseite des Prüfkörpers	
hinzugefügt wird, ist in hellerer grauer Farbe dargestellt	22
Bild 8 — (nicht maßstäblich) Schematische Darstellung des Aufbaus für die Messung des	
Schallreflexionsindex vor einer geneigten Lärmschutzwand oder einer verwandten	
Vorrichtung (Seitenansicht)	24
Bild 9 — (nicht maßstäblich) — Schematische Darstellung des Aufbaus für die Messung des	
Reflexionsindex vor einer gekrümmten Lärmschutzwand oder einer verwandten	
Vorrichtung (Seitenansicht)	25
Bild 10 — Schematische Darstellung der wesentlichen Komponenten des Messsystems	26
Bild 11 — Skizze zum Prinzip des Signal-Subtraktions-Verfahrens	32
Bild 12 — Das Adrienne-Zeitfenster	35
Bild 13 — Beispiel für eine Impulsantwortmessung vor einer vertikalen, nicht ebenen	
Lärmschutzwand	38
Bild 14 — Referenzpositionen des Mikrofontitters ($n_R = 3$) — angegeben durch die gelben	
Kreise — für einen periodischen, nicht ebenen homogenen Prüfkörper aus zwei	
verschiedenen Materialien mit einer Periode in horizontaler Richtung	43
Bild 15 — Referenzpositionen des Mikrofontitters ($n_R = 9$) — angegeben durch die gelben	
Kreise — für einen nicht ebenen homogenen Prüfkörper mit zwei Perioden in	
horizontaler und vertikaler Richtung (Vorderansicht)	45

Bild 16 — Schematische Darstellung der verschiedenen Reflexionen, die an einem Mikrofon im Messgitter eintreffen (Seitenansicht) 48

Bild 17 — Schematische Darstellung einer Anordnung des Adrienne-Fensters für die reflektierte Komponente 49

Bild A.1 — Fourier-Transformation des Adrienne-Fensters mit einer Breite von 7,9 ms 54

Bild A.2 — Untere Frequenzgrenze des Adrienne-Fensters in Abhängigkeit von der Fensterbreite 55

Bild C.1 — (Beispiel) Gesamtansicht der Prüfwand [von der Vorderseite (Bahnseite)] — die weißen Kreise markieren Messpositionen für einen Pfostenabstand von 4 m 63

Bild C.2 — (Beispiel) Messaufbau, der die Lautsprecher- und Mikrofon-Anordnung für die Messung zeigt 63

Bild C.3 — (Beispiel) Draufsicht auf die Lärmschutzwand (Maße in Millimetern) 64

Bild C.4 — (Beispiel) Querschnitt durch die Lärmschutzwand (Maße in Millimetern). 64

Bild C.5 — Ergebnisse in grafischer Form 66

Bild D.1 — Reinraumbereich, hellgrau schattiert, um den Prüfkörper auf der Seite der Schallquelle (Seitenansicht) 68

Tabellen

Tabelle 1 — Symbole und Abkürzungen 14

Tabelle 2 — Abstände $d_{i,k}$, $d_{r,k}$ und Korrekturfaktoren $C_{geo,k}$ für eine ebene Bezugsfläche 18

Tabelle 3 — Nennwerte der Weglängenunterschiede zwischen dem ersten Eintreffen des gerichteten Schalls am Mikrofon 5 und den anderen Mikrofonen, Δd_{k5} ; der Weglängenunterschiede zwischen dem Eintreffen des gerichteten und des reflektierten Schalls am Mikrofon k , Δd_k ; und der zugehörigen Toleranz ε_k 46

Tabelle A.1 — Untere Frequenzgrenze des Adrienne-Fensters, gerundet auf die nächste ganze Zahl, in Abhängigkeit von der Fensterbreite 55

Tabelle B.1 — Standardabweichung der Wiederholpräzision und Vergleichpräzision des Schallreflexionsindex, nach dem QUIESST-Projekt [21] bis [24]und [19] 59

Tabelle C.1 — Vorlage für den Prüfbericht zum Schallreflexionsindex von Lärmschutzwänden für Eisenbahnen und verwandten Vorrichtungen zur Beeinflussung der Luftschallausbreitung 60

Tabelle C.1 — Ergebnisse in tabellarischer Form 65

Tabelle C.2 — Schätzung der Unsicherheit der angegebenen Werte von RI 66

Europäisches Vorwort

Dieses Dokument (EN 16272-5:2023) wurde vom Technischen Komitee CEN/TC 256 „Eisenbahnwesen“ erarbeitet, dessen Sekretariat von DIN gehalten wird.

Diese Europäische Norm muss den Status einer nationalen Norm erhalten, entweder durch Veröffentlichung eines identischen Textes oder durch Anerkennung bis Mai 2024, und etwaige entgegenstehende nationale Normen müssen bis Mai 2024 zurückgezogen werden.

Es wird auf die Möglichkeit hingewiesen, dass einige Elemente dieses Dokuments Patentrechte berühren können. CEN ist nicht dafür verantwortlich, einige oder alle diesbezüglichen Patentrechte zu identifizieren.

Dieses Dokument ersetzt CEN/TS 16272-5:2014.

Gegenüber dem ersetzten Dokument wurden die folgenden Änderungen vorgenommen:

- die Literaturhinweise wurden aktualisiert;
- die rotierende Lautsprecher-Mikrofon-Einheit wurde durch eine quadratische Anordnung aus Lautsprecher und neun Mikrofonen (das Messgitter) ersetzt;
- die Definition von RI wurde geändert;
- der Korrekturfaktor für die geometrische Divergenz wurde geändert;
- ein neuer Korrekturfaktor für den Richtfaktor der Schallquelle wurde eingeführt;
- ein neuer Korrekturfaktor für die Verstärkungsfehlانpassung wurde eingeführt;
- die Anpassung der Impulsantwort für die Signalsubtraktion wird ausführlicher präzisiert;
- das unterste verlässliche Terzband wurde besser definiert (Anhang A);
- die Einzahl-Angabe DL_{RI} wird jetzt mit einer Dezimalstelle angegeben;
- eine Methode zur Bewertung der Unsicherheit des Messverfahrens anhand von Vergleichpräzisionsdaten wurde eingeführt (Anhang B);
- ein ausführliches Beispiel, das die Evaluation von Messunsicherheit beinhaltet, ist angegeben (Anhang C);
- ein neuer Anhang über Messungen in Innenräumen wurde hinzugefügt (Anhang D).

EN 16272-5 ist Teil einer Normenreihe und sollte in Verbindung mit den anderen Teilen gelesen werden. Diese sind im Folgenden aufgelistet:

- EN 16272-1, *Bahnanwendungen — Oberbau — Lärmschutzwände und verwandte Vorrichtungen zur Beeinflussung der Luftschallausbreitung — Prüfverfahren zur Bestimmung der akustischen Eigenschaften — Teil 1: Produktspezifische Merkmale — Schallabsorption (Labormethode) bei diffusen Schallfeldern*
- EN 16272-2, *Bahnanwendungen — Oberbau — Lärmschutzwände und verwandte Vorrichtungen zur Beeinflussung der Luftschallausbreitung — Prüfverfahren zur Bestimmung der akustischen Eigenschaften — Teil 2: Produktspezifische Merkmale — Luftschalldämmung (Labormethode) bei diffusen Schallfeldern*

- EN 16272-3-1, *Bahnanwendungen — Oberbau — Lärmschutzwände und verwandte Vorrichtungen zur Beeinflussung der Luftschallausbreitung — Prüfverfahren zur Bestimmung der akustischen Eigenschaften — Teil 3-1: Standardisiertes Schienenverkehrslärmspektrum und Einzahl-Angaben für diffuse Schallfelder*
- EN 16272-3-2, *Bahnanwendungen — Oberbau — Lärmschutzwände und verwandte Vorrichtungen zur Beeinflussung der Luftschallausbreitung — Prüfverfahren zur Bestimmung der akustischen Eigenschaften — Teil 3-2: Standardisiertes Schienenverkehrslärmspektrum und Einzahl-Angaben für gerichtete Schallfelder*
- EN 16272-4, *Bahnanwendungen — Oberbau — Lärmschutzwände und verwandte Vorrichtungen zur Beeinflussung der Luftschallausbreitung — Prüfverfahren zur Bestimmung der akustischen Eigenschaften — Teil 4: Produktspezifische Merkmale — In-situ-Werte zur Schallbeugung in gerichteten Schallfeldern*
- EN 16272-5, *Bahnanwendungen — Oberbau — Lärmschutzwände und verwandte Vorrichtungen zur Beeinflussung der Luftschallausbreitung — Prüfverfahren zur Bestimmung der akustischen Eigenschaften — Teil 5: Produktspezifische Merkmale — In-situ-Werte zur Schallreflexion in gerichteten Schallfeldern*
- EN 16272-6, *Bahnanwendungen — Oberbau — Lärmschutzwände und verwandte Vorrichtungen zur Beeinflussung der Luftschallausbreitung — Prüfverfahren zur Bestimmung der akustischen Eigenschaften — Teil 6: Produktspezifische Merkmale — In-situ-Werte zur Luftschalldämmung in gerichteten Schallfeldern*
- CEN/TS 16272-7, *Bahnanwendungen — Oberbau — Lärmschutzwände und verwandte Vorrichtungen zur Beeinflussung der Luftschallausbreitung — Prüfverfahren zur Bestimmung der akustischen Eigenschaften — Teil 7: Fremdspezifische Merkmale — In-situ-Werte zur Einfügungsdämpfung*

Rückmeldungen oder Fragen zu diesem Dokument sollten an das jeweilige nationale Normungsinstitut des Anwenders gerichtet werden. Eine vollständige Liste dieser Institute ist auf den Internetseiten von CEN abrufbar.

Entsprechend der CEN-CENELEC-Geschäftsordnung sind die nationalen Normungsinstitute der folgenden Länder gehalten, diese Europäische Norm zu übernehmen: Belgien, Bulgarien, Dänemark, Deutschland, die Republik Nordmazedonien, Estland, Finnland, Frankreich, Griechenland, Irland, Island, Italien, Kroatien, Lettland, Litauen, Luxemburg, Malta, Niederlande, Norwegen, Österreich, Polen, Portugal, Rumänien, Schweden, Schweiz, Serbien, Slowakei, Slowenien, Spanien, Tschechische Republik, Türkei, Ungarn, Vereinigtes Königreich und Zypern.

Einleitung

Dieses Dokument beschreibt ein Prüfverfahren zur Bestimmung der produktspezifischen Schallreflexion von Lärmschutzwänden und verwandten Vorrichtungen zur Beeinflussung der Luftschallausbreitung für Schienenwege in nicht halligen Schallfeldern (ein Maß der produktspezifischen Leistung). Es kann sowohl im Innen- als auch im Außenbereich angewendet werden. In Innenbereichen kann es in einem eigens dafür errichteten Prüfstand (in gerichteten Schallfeldern) angewendet werden. In Außenbereichen kann es sowohl in einem eigens dafür errichteten Prüfstand, z. B. in der Nähe eines Labors oder einer Fabrik, als auch *in-situ*, d. h. dort, wo die Lärmschutzwände aufgebaut sind, angewendet werden. Das Verfahren kann ohne Beschädigung der Oberfläche angewendet werden.

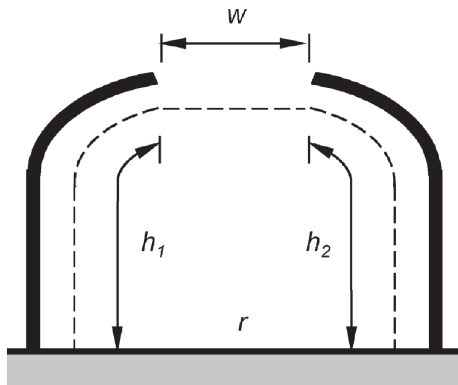
Das Verfahren kann zur Qualifizierung von Produkten, die entlang einer Eisenbahn eingesetzt werden, sowie zum Nachweis der Übereinstimmung aufgebauter Lärmschutzwände und verwandter Vorrichtung zur Beeinflussung der Luftschallausbreitung mit der Bemessungsfestlegung verwendet werden. Die regelmäßige Anwendung des Verfahrens kann zur Überprüfung der Langzeitwirksamkeit von Lärmschutzwänden und verwandten Vorrichtungen zur Beeinflussung der Luftschallausbreitung verwendet werden. Das Verfahren erfordert die Mittelwertbildung von Messergebnissen für verschiedene Punkte vor der zu prüfenden Vorrichtung und/oder für bestimmte Einfallswinkel. Es kann für die Untersuchung ebener und nicht ebener Produkte verwendet werden.

Die nach diesem Verfahren gewonnenen Messergebnisse zur Schallabsorption sind nicht direkt mit den Ergebnissen vergleichbar, die in diffusen Schallfeldern (z. B. EN 16272-1) erzielt werden, hauptsächlich deshalb, weil das vorliegende Verfahren ein gerichtetes Schallfeld und kein diffuses Schallfeld verwendet. Das in diesem Dokument präzierte Prüfverfahren sollte nicht zur Bestimmung der produktspezifischen Eigenschaften der Schallabsorption von Lärmschutzwänden und verwandten Vorrichtungen zur Beeinflussung der Luftschallausbreitung verwendet werden, die in halligen Umgebungen installiert werden, z. B. Verkleidungen in Tunneln oder in ausgeprägten Tieflagen.

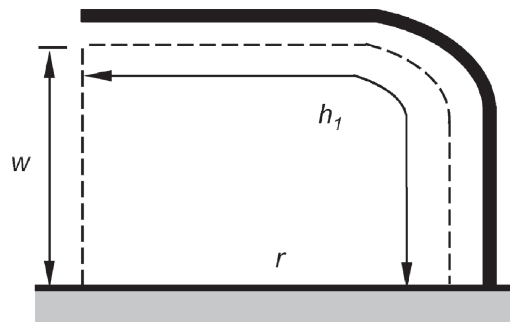
Für die Anwendung dieses Dokuments werden die Bedingungen der Halligkeit definiert aufgrund der Umhüllenden e , durch die von der zu prüfenden Lärmschutzvorrichtung gebildeten Fahrbahn, der durch die Lärmschutzwände oder Gebäuden gebildet wird (die Umhüllende enthält nicht die Schienenoberfläche), wie in Bild 1 durch die gestrichelten Linien gezeigt wird. Situationen werden als hallig angesehen, wenn der offene Anteil einer Umhüllenden höchstens 25 % beträgt, d. h. Halligkeit liegt vor bei $w/e \leq 0,25$, wobei $e = (w + h_1 + h_2)$.

Dieses Verfahren verwendet eine spezielle Größe, den Reflexionsindex, um die Schallreflexion vor einer Lärmschutzwand zu beschreiben und daraus eine Einzahl-Angabe für den Schallabsorptionsgrad zu berechnen, während die Messungen in diffusen Schallfeldern (nach EN 16272-1) einen Schallabsorptionsgrad in Abhängigkeit von der Frequenz ergeben und daraus eine Einzahl-Angabe für die Schallabsorption berechnen. Die in diffusen Schallfeldern gemessenen Werte des Schallabsorptionsgrads können in übliche Schallreflexionsgrade umgerechnet werden, indem auf das Komplement zu Eins übergegangen wird. In diesem Fall lassen Forschungsstudien vermuten, dass zwischen den Daten aus diffusen Schallfeldern, gemessen nach EN 16272-1, und den Daten aus gerichteten Schallfeldern, gemessen nach dem in diesem Dokument beschriebenen Verfahren, eine gewisse Übereinstimmung besteht [6] [9] [17] [18] [19] [20].

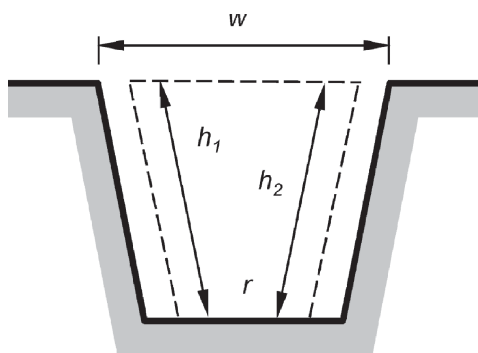
ANMERKUNG Dieses Verfahren kann zur Qualifizierung von Lärmschutzwänden und verwandten Vorrichtungen zur Beeinflussung der Luftschallausbreitung für andere Anwendungen verwendet werden, z. B. für die Installation in am Rand von Industriegeländen. In diesem Fall werden die Einzahl-Angaben (siehe EN 16272-3-2) anhand eines dafür geeigneten Spektrums berechnet.



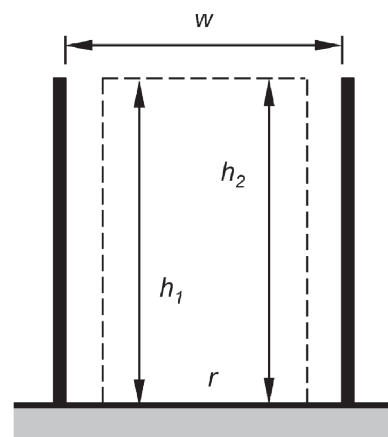
a) Teilabdeckung beiderseits der Bahn;
Umhüllende, $e = w + h_1 + h_2$.



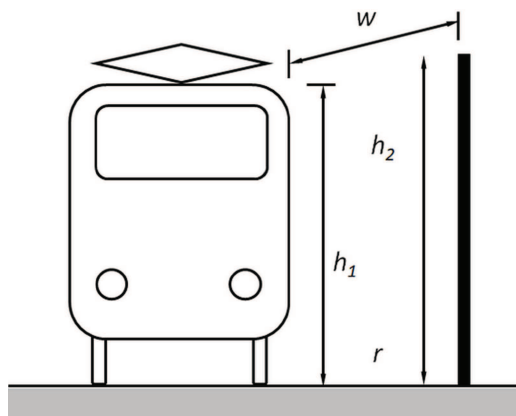
b) Teilabdeckung auf einer Bahnseite;
 $e = w + h_1, h_2 = 0$.



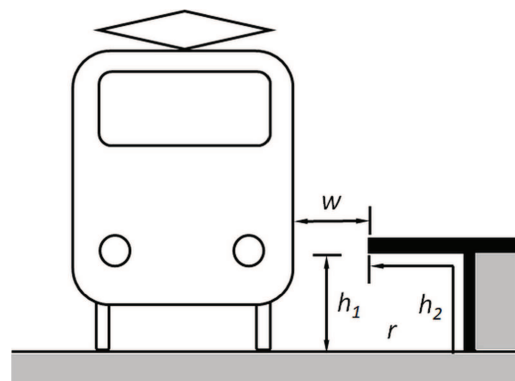
c) Tiefer Einschnitt; Umhüllende, $e = w + h_1 + h_2$.



d) Hohe Wände oder Gebäude; Umhüllende,
 $e = w + h_1 + h_2$.



e) Zug nahe einer Lärmschutzwand; Umhüllende,
 $e = w + h_1 + h_2$



f) Zug am Bahnsteig eines Bahnhofs;
Umhüllende, $e = w + h_1 + h_2$

Legende

r Schienenoberfläche

w Breite des offenen Raums

h_1 entwickelte Länge des Elements, z. B. Abdeckung, Seitenwand eines Einschnitts, Wand oder Gebäude

h_2 entwickelte Länge des Elements, z. B. Abdeckung, Seitenwand eines Einschnitts, Wand oder Gebäude

ANMERKUNG Bild 1 ist nicht maßstabgerecht.

Bild 1 — (nicht maßstäblich) Schema für die Prüfung der Bedingungen der Halligkeit in mehreren Anwendungsfällen

1 Anwendungsbereich

Dieses Dokument beschreibt ein Prüfverfahren zur Messung einer Größe, die für die produktspezifischen Merkmale der Schallreflexion von Eisenbahnlärmschutzwänden und verwandten Einrichtungen zur Beeinflussung der Luftschallausbreitung charakteristisch ist, dem Schallreflexionsindex RI , und zur anschließenden Berechnung einer Einzahl-Angabe für die Schallabsorption aus dieser Größe.

Das Prüfverfahren ist für die folgenden Anwendungen vorgesehen:

- Bestimmung der produktspezifischen Merkmale der Schallabsorption von Lärmschutzwänden und verwandten Vorrichtungen zur Beeinflussung der Luftschallausbreitung, die entlang von Eisenbahnschienenwegen aufgebaut sind, und die entweder an typischen an Eisenbahnen ausgeführten Lärmschutzwänden oder an einer exemplarischen Musterwand zu messen sind;
- Bestimmung der produktspezifischen Merkmale der Schallabsorption von Lärmschutzwänden und verwandten Vorrichtungen zur Beeinflussung der Luftschallausbreitung im tatsächlichen Einsatz in gerichteten Schallfeldern;
- Vergleich der Bemessungsfestlegungen mit den tatsächlichen Leistungsdaten nach Abschluss der Bauarbeiten;
- Überprüfung der Langzeitwirksamkeit von Lärmschutzwänden und verwandten Vorrichtungen zur Beeinflussung der Luftschallausbreitung (durch wiederholtes Anwenden des Verfahrens).

Das Prüfverfahren ist nicht für die folgenden Anwendungen vorgesehen:

- Bestimmung der produktspezifischen Eigenschaften der Schallabsorption von Lärmschutzwänden und verwandten Vorrichtungen zur Beeinflussung der Luftschallausbreitung, die in halligen Schallfeldern aufgebaut werden sollen, z. B. innerhalb von Tunneln oder in ausgeprägten Tieflagen.

Ergebnisse für den Schallreflexionsindex werden als Funktion der Frequenz in Terzbändern zwischen 100 Hz und 5 kHz angegeben, wo möglich. Falls nicht über den gesamten angegebenen Frequenzbereich gültige Messergebnisse zu gewinnen sind, werden die Ergebnisse in einem eingeschränkten Frequenzbereich zusammen mit den Gründen der Einschränkung(en) klar angegeben.

2 Normative Verweisungen

Die folgenden Dokumente werden im Text in solcher Weise in Bezug genommen, dass einige Teile davon oder ihr gesamter Inhalt Anforderungen des vorliegenden Dokuments darstellen. Bei datierten Verweisungen gilt nur die in Bezug genommene Ausgabe. Bei undatierten Verweisungen gilt die letzte Ausgabe des in Bezug genommenen Dokuments (einschließlich aller Änderungen).

EN 16272-3-2, *Bahnanwendungen — Oberbau — Lärmschutzwände und verwandte Vorrichtungen zur Beeinflussung der Luftschallausbreitung — Prüfverfahren zur Bestimmung der akustischen Eigenschaften — Teil 3-2: Standardisiertes Schienenverkehrslärmspektrum und Einzahl-Angaben für gerichtete Schallfelder*

EN 16951-1, *Bahnanwendungen — Oberbau — Lärmschutzwände und verwandte Vorrichtungen zur Beeinflussung der Luftschallausbreitung — Bewertungsverfahren für das Langzeitverhalten — Teil 1: Akustische Merkmale*

EN 61672-1, *Elektroakustik — Schallpegelmesser — Teil 1: Anforderungen*

ISO/IEC Guide 98-3, *Uncertainty of measurement — Part 3: Guide to the expression of uncertainty in measurement (GUM:1995)*

3 Begriffe, Definitionen, Symbole und Abkürzungen

3.1 Begriffe und Definitionen

Für die Anwendung dieses Dokuments gelten die folgenden Begriffe.

ISO und IEC stellen terminologische Datenbanken für die Verwendung in der Normung unter den folgenden Adressen bereit:

- IEC Electropedia: verfügbar unter <https://www.electropedia.org/>
- ISO Online Browsing Platform: verfügbar unter <https://www.iso.org/obp>

ANMERKUNG Für die Anwendung dieses Dokuments haben die folgenden Begriffe Vorrang vor den Definitionen der oben genannten Websites.

3.1.1

Lärmschutzwand

Lärmschutzvorrichtung, welche die freie Ausbreitung des von Eisenbahnen ausgehenden Luftschalls verhindert und für gewöhnlich zwischen Pfosten verläuft, aber auch die Eisenbahn überkragen kann

Anmerkung 1 zum Begriff: Lärmschutzwände bestehen im Allgemeinen aus akustischen Elementen und Strukturelementen (siehe 3.1.3 und 3.1.4).

3.1.2

Verkleidung

Lärmschutzvorrichtung, die an einer Wand oder anderen Struktur angebracht ist und das Ausmaß der Schallreflexionen reduziert

Anmerkung 1 zum Begriff: Verkleidungen bestehen aus akustischen Elementen und Strukturelementen (siehe 3.1.3 und 3.1.4).

3.1.3

akustisches Element

Element, dessen vorrangige Funktion es ist, die akustische Wirkung der Vorrichtung zu erbringen

3.1.4

Strukturelement

Element, dessen Hauptfunktion darin besteht, die akustischen Elemente aufzunehmen oder zu tragen

3.1.5

Aufsatz

zusätzliche Vorrichtung, die die akustische Wirkung der gegebenen lärmreduzierenden Vorrichtung (vorwiegend über die gebeugte Energie) beeinflusst

Anmerkung 1 zum Begriff: Bei einigen Lärmschutzwänden können die akustische Funktion und die strukturelle Funktion nicht eindeutig getrennt und unterschiedlichen Bauteilen zugeordnet werden.

3.1.6

schienenseitige Exposition

Verwendung des Produkts als Lärmschutzvorrichtung entlang von Eisenbahnen

3.1.7

Schallreflexionsindex

die Menge des von der zu prüfenden Einrichtung nicht absorbierten Schalls, angegeben durch Gleichung (1)

Anmerkung 1 zum Begriff: Dies ist das Ergebnis der in diesem Dokument dargelegten Prüfungen.

3.1.8

Messpunkteraster für Messungen des Schallreflexionsindex

Messgitter aus neun, in einer quadratischen Anordnung von 3×3 gleichmäßig verteilten Mikrofonen

Anmerkung 1 zum Begriff: Der orthogonale Abstand s zweier benachbarter Mikrofone beträgt sowohl senkrecht als auch waagrecht $s = 0,40$ m.

Anmerkung 2 zum Begriff: Siehe 4.6 und Bild 3.

Anmerkung 3 zum Begriff: Mikrofone werden wie in Bild 3 nummeriert.

3.1.9

Bezugshöhe

Höhe h_S , die gleich der halben Höhe h_B der zu prüfenden Lärmschutzwand ist: $h_S = h_B/2$

Anmerkung 1 zum Begriff: Wenn die Höhe der zu prüfenden Vorrichtung höher als 4 m ist und es aus praktischen Gründen nicht ratsam ist, eine Höhe der Quelle $h_S = h_B/2$ zu haben, ist es möglich, $h_S = 2$ m zu verwenden, wenn man die entsprechende untere Frequenzbegrenzung akzeptiert (siehe 4.5.7 und 4.6.4).

Anmerkung 2 zum Begriff: Siehe Bild 2 und Bild 3.

3.1.10

(Schallquellen- und Mikrofon-)Bezugsfläche für die Messungen des Schallreflexionsindex

ideale, glatte Oberfläche, die der Schallquellenseite der zu prüfenden Lärmschutzwand zugewandt ist und die am weitesten vorstehenden und wichtigsten Teile der Lärmschutzwand im geprüften Bereich unmittelbar berührt

Anmerkung 1 zum Begriff: Die Bezugsfläche ist so glatt wie möglich und folgt der Neigung oder Kurve des Prüfkörpers innerhalb der Prüffläche. Bei vertikalen und ebenen Lärmschutzwänden ist die Bezugsfläche eine vertikale Ebene. Bei geneigten und ebenen Lärmschutzwänden ist die Bezugsfläche eine Ebene mit derselben Neigung. Bei gekrümmten und ebenen Lärmschutzwänden ist die Bezugsfläche eine gekrümmte Fläche mit derselben Krümmung.

Anmerkung 2 zum Begriff: Siehe Bild 2, Bild 7, Bild 8 und Bild 9.

3.1.11

Schallquellen-Bezugsort

bei aufgebauter Lärmschutzvorrichtung dem Lärm zugewandte Position, die sich in Bezugshöhe h_S befindet und so angeordnet ist, dass der waagerechte Abstand zwischen der Vorderseite der Schallquelle und der Bezugsfläche $d_S = 1,50$ m beträgt

Anmerkung 1 zum Begriff: Siehe Bild 2 und Bild 3.

3.1.12

Bezugslage des Messpunkterasters

Lage, für die sämtliche nachfolgenden Bedingungen zutreffen:

- i) das Messgitter befindet sich auf der Beschallungsseite der Lärmschutzvorrichtung, wenn die Vorrichtung aufgebaut ist;
- ii) das zentrale Mikrofon (Mikrofon Nr. 5) befindet sich auf Bezugshöhe h_S ;
- iii) der kleinste Abstand zwischen zentralem Mikrofon und Bezugsfläche beträgt $d_M = 0,25$ m

Anmerkung 1 zum Begriff: Für ebene Lärmschutzwände, siehe Bild 2 und Bild 3. Für nicht ebene Lärmschutzwände siehe Bild 7. Für geneigte oder gekrümmte Lärmschutzwände siehe Bild 8 und Bild 9.

3.1.13

Bezugsabstand Lautsprecher-Messgitter

Abstand zwischen der Vorderseite des Lautsprechers und dem zentralen Mikrofon (Mikrofon Nr. 5) des Messgitters

Anmerkung 1 zum Begriff: Der Bezugsabstand Lautsprecher-Messgitter beträgt $d_{SM} = 1,25$ m (siehe Bild 2 und Bild 4).

3.1.14

Freifeldmessung für die Messungen des Schallreflexionsindex

Messung, bei der sich Lautsprecher und Messgitter in einem akustischen Freifeld befinden, damit nahe gelegene Objekte, einschließlich des Bodens, nicht miterfasst werden und wobei die Geometrie aus den Messungen vor der zu prüfenden Lärmschutzvorrichtung beibehalten wird

Anmerkung 1 zum Begriff: Siehe Bild 4.

3.1.15

größte abgetastete Fläche

auf die Vorderseite der zu prüfenden Lärmschutzvorrichtung projizierte Fläche, die frei von reflektierenden Objekten bleiben muss, welche bei Messungen zum Reflexionsindex zu Störreflexionen führen

3.1.16

Adrienne-Zeitfenster

zusammengesetztes Zeitfenster mit einer Vorderflanke als linksseitige halbe Blackman-Harris-Form mit einer festen Länge von 0,5 ms, gefolgt von einem flachen Anteil und einer Rückflanke als rechtsseitige halbe Blackman-Harris-Form, so dass die Längen des flachen Teils und des rechtsseitigen Blackman-Harris-Teils im Verhältnis 7/3 stehen

Anmerkung 1 zum Begriff: Diese Art Fenster wird in 4.5.6 präzisiert.

3.1.17

Hintergrundgeräusch

Geräusch von anderen Schallquellen als der, die das Prüfsignal aussendet

3.1.18

Signal-Rausch-Verhältnis

Differenz in Dezibel zwischen dem Prüfsignalpegel und dem Hintergrundgeräuschpegel zum Zeitpunkt der Erfassung des Prüfsignals (innerhalb des Adrienne-Zeitfensters)

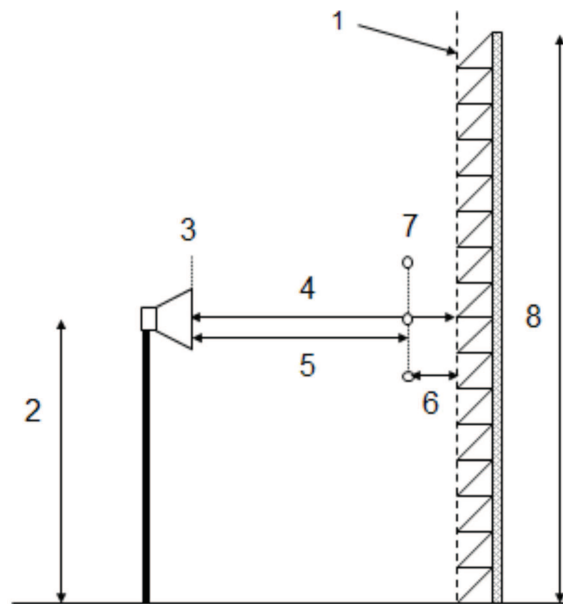
3.1.19

Impulsantwort

Zeitsignal am Ausgang eines Systems, wenn eine Dirac-Funktion an den Eingang anlegt wird

Anmerkung 1 zum Begriff: Die Dirac-Funktion, auch δ -Funktion genannt, ist die mathematische Idealisierung eines zeitlich unendlich kurzen Signals, das den Energiewert Eins aufweist.

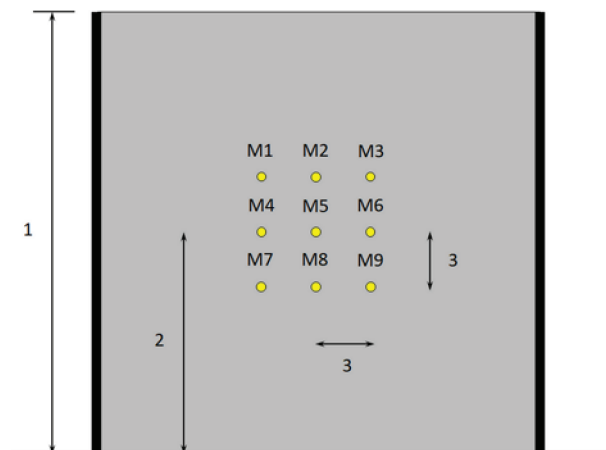
Anmerkung 2 zum Begriff: In der Praxis ist es nicht möglich, echte Dirac-Funktionen zu erzeugen und abzustrahlen. Mit impulsförmigen Geräuschen können Näherungen erzeugt werden, die jedoch nicht sehr wiederholbar sind. Ein alternatives Messverfahren, das grundsätzlich präziser ist, besteht darin, ein Signal mit linearem Spektrum, wie eine Periode einer Maximalfolge (MLS) oder einen exponentiellen Sinus-Sweep (ESS) zu verwenden und die gemessene Antwort in eine Impulsantwort zurück zu transformieren.



Legende

- | | |
|---|--|
| 1 Schallquellen- und Mikrofon-Bezugsfläche | 2 Bezugshöhe h_S [m] |
| 3 Vorderseite des Lautsprechers | 4 Abstand zwischen der Vorderseite des Lautsprechers und der Bezugsfläche, d_S [m] |
| 5 Abstand zwischen der Vorderseite des Lautsprechers und dem Messgitter, d_{SM} [m] | 6 Abstand zwischen dem Messgitter und der Bezugsfläche, d_M [m] |
| 7 Messgitter | 8 Lärmschutzwandhöhe, h_B [m] |

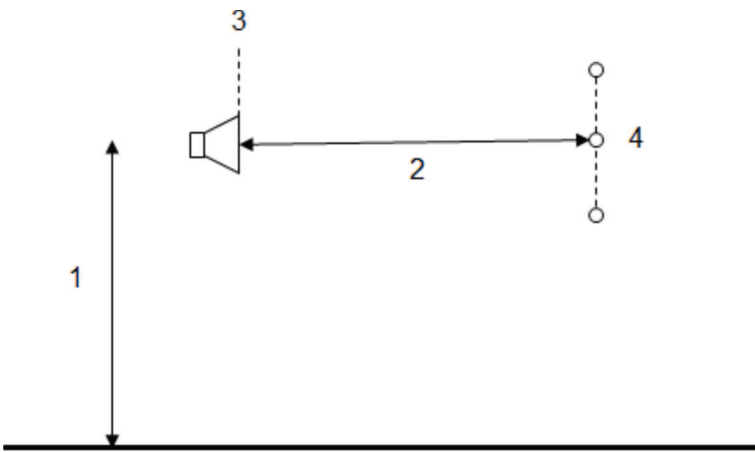
Bild 2 — (nicht maßstäblich) Schematische Darstellung der Schallquelle und des Messgitters vor der zu prüfenden Lärmschutzwand bei Messungen des Schallreflexionsindex



Legende

- | | |
|--|------------------------|
| 1 Lärmschutzwandhöhe, h_B [m] | 2 Bezugshöhe h_S [m] |
| 3 orthogonale Abstände zweier benachbarter Mikrofone s [m] | |

Bild 3 — (nicht maßstäblich) Messpunkteraster für Messungen des Schallreflexionsindex an der Vorderseite des Geräts (Schallquellenseite) — Die gelben Kreise zeigen die Mikrofonpositionen M1 bis M9



Legende

- 1 Bezugshöhe h_S [m]
- 2 Abstand zwischen der Vorderseite des Lautsprechers und dem Messgitter d_{SM} [m]
- 3 Vorderseite des Lautsprechers
- 4 Messgitter

Bild 4 — (nicht maßstäblich) Schematische Darstellung der Anordnung für die „Freifeld“-Bezugsmessung zur Bestimmung des Schallreflexionsindexes

3.2 Symbole und Abkürzungen

Für die Anwendung dieses Dokuments gelten die Symbole und Abkürzungen in Tabelle 1.

Tabelle 1 — Symbole und Abkürzungen

Symbol oder Abkürzung	Bezeichnung	Einheit
a	Hauptachse des Rotationsellipsoids zur Bestimmung der größten abgetasteten Fläche bei schrägem Schalleinfall	m
a_0, a_1, a_2, a_3	Koeffizient für den Ausdruck des viergliedrigen vollständigen Blackman-Harris Fensters	—
a_k	Winkel zwischen der Verbindungslinie zwischen der Mitte der Frontplatte des Lautsprechers und dem Mikrofon 5 und der Verbindungslinie zwischen der Mitte der Frontplatte des Lautsprechers und dem Mikrofon k	—
β_k	Winkel zwischen der Verbindungslinie zwischen dem Mittelpunkt der Frontplatte des Lautsprechers und dem Mikrofon 5 und der Verbindungslinie zwischen dem Mittelpunkt der Frontplatte des Lautsprechers und dem spiegelnden Reflexionsweg zum Mikrofon k	—
b_s	Tiefe der Oberflächenstruktur des Prüfkörpers	m
b_m	Breite eines Materialabschnitts des Prüfkörpers	m
c	Luftschallgeschwindigkeit	m/s
$C_{geo,k}$	Korrekturfaktor für die geometrische Divergenz	—
$C_{dir,k}$	Korrekturfaktor für den Richtfaktor der Schallquelle	—
$C_{gain,k}$	Korrekturfaktor für Änderungen der Verstärkung der Schallquelle	—
d_M	Horizontaler Abstand zwischen der Schallquellen- und Mikrofon-Bezugsfläche und dem Messgitter; er ist gleich $d_M = 0,25$ m	m

Tabelle 1 (fortgesetzt)

Symbol oder Abkürzung	Bezeichnung	Einheit
d_S	Horizontaler Abstand zwischen der Vorderseite des Lautsprechers und der Schallquellen- und Mikrofon-Bezugsfläche; er ist gleich $d_S = 1,50$ m	m
d_{SM}	Horizontaler Abstand zwischen der Vorderseite des Lautsprechers und dem Messgitter; er ist gleich $d_{SM} = 1,25$ m	m
DL_{RI}	Einzahl-Angabe zur Schallreflexion	dB
Δf_g	Frequenzbereich, der die Terzbänder zwischen 500 Hz und 2 kHz umfasst	Hz
Δf_j	Breite des j -ten Terzbandes	Hz
Δt	zeitlicher Abstand zwischen den diskreten Punkten der erfassten Daten (verbunden mit der durch $\Delta t = 1/f_s$ gegebenen Abtastrate)	ms
$\Delta \tau$	beweglicher Abstand der Freifeld-Impulsantwort im Anpassungsverfahren des allgemeinen Signal-Subtraktions-Verfahrens (siehe 4.5.5)	ms
Δt_{k5}	Zeitverzögerungsabstand zwischen dem Eintreffen des gerichteten Schalls an Mikrofon k ($k \neq 5$) und Mikrofon 5	s
Δt_k	Zeitverzögerungsabstand zwischen dem Eintreffen des gerichteten und des reflektierten Schalls an Mikrofon k	s
Δd_{k5}	Weglängenunterschied zwischen dem Eintreffen des gerichteten Schalls an Mikrofon k ($k \neq 5$) und Mikrofon 5	m
Δd_k	Weglängenunterschied zwischen dem Eintreffen des gerichteten und des reflektierten Schalls an Mikrofon k	m
ε_k	Toleranz für den Weglängenunterschied am Mikrofon k	m
F	Symbol der Fourier-Transformation	—
f	Frequenz	Hz
f_{min}	untere Frequenzgrenze für Messungen zur Schallreflexion	Hz
f_s	Abtastrate	Hz
f_{co}	Grenzfrequenz des Anti-Aliasing-Filters	Hz
h_B	Höhe des Prüfkörpers	m
h_S	Bezugshöhe	m
$h_{i,k}(t)$	einfallende Bezugskomponente der Freifeld-Impulsantwort am k -ten Messpunkt	—
$h_{r,k}(t)$	reflektierende Komponenten der Impulsantwort am k -ten Messpunkt	—
$h_{i,k,FF}(t)$	Einfallende Referenzkomponente der Impulsantwort, die am k -ten Messpunkt (vor der Signalsubtraktion) vor dem zu prüfenden Muster aufgenommen wird	—
$h_{i,k,RES}(t)$	Restliche einfallende Bezugskomponente der Impulsantwort, die am k -ten Messpunkt (nach der Signalsubtraktion) vor dem zu prüfenden Muster aufgenommen wird	—
j	Index des j -ten Terzbandes (zwischen 100 Hz und 5 kHz)	—
k	Index des k -ten Messpunkts ($k = 1 \dots n_j$)	—
k_p	Erweiterungsfaktor	—
k_f	Konstante zum Anti-Aliasing-Filter	—
L_p	Länge der Abtastung bei einer inhomogenen Lärmschutzvorrichtung	m
n_j	Anzahl der Messpunkte für die Mittelwertbildung	—

Tabelle 1 (fortgesetzt)

Symbol oder Abkürzung	Bezeichnung	Einheit
n_R	Anzahl der Referenzpositionen des Messgitters	—
q	Anzahl der diskreten Datenpunkte der erfassten Daten, die im Verfahren der genauen Ausrichtung verwendet werden, um den Bereich zu definieren, in dem das Verfahren der kleinsten Quadrate angewendet werden soll (siehe 4.5.5)	—
r	Radius der größten abgetasteten Fläche bei senkrechter Inzidenz	m
R_{sub}	Reduzierungsfaktor	dB
RI_j	Schallreflexionsindex im j -ten Terzband	—
RI_{ij}	Schallreflexionsindex zum j -ten Terzband, wenn sich das Messgitter an der i -ten Referenzposition befindet	—
s	Orthogonale Abstände zweier benachbarter Mikrofone	m
s_r	Standardabweichung der Wiederholpräzision	—
s_R	Standardabweichung der Vergleichpräzision	—
S/N	Signal-Rausch-Verhältnis	dB
t	Zeit	s
t_C	Lufttemperatur	°C
$T_{W,BH}$	Länge der Blackman-Harris-Rückflanke beim Adrienne-Zeitfenster	s
$T_{W,ADR}$	Gesamtlänge des Adrienne-Zeitfensters	s
u	Standardunsicherheit	—
U	Erweiterte Unsicherheit	—
$w_{i,k}(t)$	Zeitfenster (Adrienne-Zeitfenster) der Bezugs-Freifeldkomponente am k -ten Messpunkt	—
$w_{r,k}(t)$	Zeitfenster (Adrienne-Zeitfenster) für die reflektierte Komponente am k -ten Messpunkt	—

4 Messungen des Schallreflexionsindex

4.1 Allgemeines Prinzip

Die Schallquelle emittiert eine nichtstationäre Schallwelle, die über die Messgitter- (Mikrofon-)position hinaus zum Prüfobjekt läuft und dann an diesem reflektiert wird (Bild 2 und Bild 3). Jedes zwischen der Schallquelle und der zu prüfenden Vorrichtung angeordnete Mikrofon empfängt sowohl die direkte, von der Schallquelle zum Prüfobjekt laufende Schalldruckwelle als auch die am Prüfobjekt reflektierte Schalldruckwelle (einschließlich Streubeiträge). Die gerichtete Schalldruckwelle kann besser mit einer separaten Freifeldmessung erfasst werden (siehe Bild 4). Das Verhältnis der Leistungsspektren der gerichteten und der reflektierten Komponente bildet die Grundlage für die Berechnung des Schallreflexionsindex.

Die Messung muss ein im Wesentlichen freies Feld in der unmittelbaren Nachbarschaft des Prüfobjekts erfolgen, also ein Feld ohne Reflexionen an anderen Objekten als am Prüfobjekt. Aus diesem Grund wird die Erfassung einer Impulsantwort mit möglichst scharfen Spitzen empfohlen: Auf diese Weise können die von anderen Oberflächen stammenden Reflexionen anhand ihrer Verzögerungszeit erfasst und ausgeblendet werden.

4.2 Messgröße

Zur Berechnung des Schallreflexionsindex RI als Funktion der Frequenz in Terzbändern wird folgende Gleichung verwendet:

$$RI_j = \frac{1}{n_j} \sum_{k=1}^{n_j} \left\{ \frac{\int_{\Delta f_j} |F[h_{r,k}(t) \cdot w_{r,k}(t)]|^2 df}{\int_{\Delta f_j} |F[h_{i,k}(t) \cdot w_{i,k}(t)]|^2 df} \cdot C_{geo,k} \cdot C_{dir,k}(\Delta f_j) \cdot C_{gain,k}(\Delta f_g) \right\} \quad (1)$$

Dabei ist

- $h_{i,k}(t)$ die einfallende Bezugskomponente der Freifeld-Impulsantwort am k -ten Messpunkt;
- $h_{r,k}(t)$ die reflektierte Komponente der vor dem zu prüfenden Prüfkörper am k -ten Messpunkt gemessenen Impulsantwort;
- $w_{i,k}(t)$ das Zeitfenster (Adrienne-Zeitfenster) der einfallenden Bezugskomponente der Freifeld-Impulsantwort am k -ten Messpunkt;
- $w_{r,k}(t)$ das Zeitfenster (Adrienne-Zeitfenster) für die reflektierte Komponente am k -ten Messpunkt;
- F das Symbol der Fourier-Transformation; ass
- j der Index des j -ten Terzbandes (zwischen 100 Hz und 5 kHz, sofern möglich);
- Δf_j die Breite des j -ten Terzbands;
- k die Anzahl der Mikrofone entsprechend Bild 3 ($k = 1, \dots, 9$);
- n_j die Anzahl der Mikrofonpositionen für die Mittelwertbildung ($n_j \geq 6$; siehe 4.6.2);
- $C_{geo,k}$ der Korrekturfaktor für die geometrische Divergenz am k -ten Messpunkt;
- $C_{dir,k}(\Delta f_j)$ der Korrekturfaktor für den Richtfaktor der Schallquelle am k -ten Messpunkt.
- $C_{gain,k}(\Delta f_g)$ der Korrekturfaktor zur Berücksichtigung einer Änderung der Verstärkungseinstellungen des Lautsprechers und der Empfindlichkeitseinstellungen der einzelnen Mikrofone beim Wechsel der Messkonfiguration von Freifeld zu vor dem Prüfkörper oder umgekehrt, falls vorhanden [siehe 4.5.1 und Gleichung (4)];
- Δf_g der Frequenzbereich, der die Terzbänder zwischen 500 Hz und 2 kHz umfasst.

Die Korrekturfaktoren für die geometrische Divergenz, $C_{geo,k}$, sind gegeben durch:

$$C_{geo,k} = \left(\frac{d_{r,k}}{d_{i,k}} \right)^2 \quad (2)$$

Dabei ist

- $d_{i,k}$ der Abstand zwischen der Vorderseite des Lautsprechers und dem k -ten Messpunkt;
- $d_{r,k}$ der Abstand von der Vorderseite des Lautsprechers zur Schallquellen- und Mikrofon-Bezugsebene und zurück zum k -ten Messpunkt nach der spiegelnden Reflexion;
- k die Anzahl der Mikrofone entsprechend Bild 3 ($k = 1, \dots, 9$).

ANMERKUNG 1 Für das Mikrofon Nr. 5 gilt $d_{i,5} = d_{SM} = 1,25$ m.

Die Abstände $d_{i,k}$, $d_{r,k}$ und die Korrekturfaktoren $C_{geo,k}$ sind in Tabelle 2 für eine ebene Bezugsfläche angegeben.

Tabelle 2 — Abstände $d_{i,k}$, $d_{r,k}$ und Korrekturfaktoren $C_{geo,k}$ für eine ebene Bezugsfläche

k	$d_{i,k}$, m	$d_{r,k}$, m	$C_{geo,k}$
1	1,37	1,84	1,80
2	1,31	1,80	1,87
3	1,37	1,84	1,80
4	1,31	1,80	1,87
5	1,25	1,75	1,96
6	1,31	1,80	1,87
7	1,37	1,84	1,80
8	1,31	1,80	1,87
9	1,37	1,84	1,80

ANMERKUNG 2 Die Reflexionen an verschiedenen Teilen der zu prüfenden Oberfläche erreichen das Mikrofon zu unterschiedlichen Zeiten je nach der Weglänge vom Lautsprecher zum jeweiligen Prüfflächenbereich und zurück. Je länger der Weg vom Lautsprecher zu einem bestimmten Teil der Prüfoberfläche und zurück ist, desto größer ist die Zeitverzögerung. Deshalb ist die Amplitude der an verschiedenen Prüfflächenbereichen reflektierten Schallwellen beim Eintreffen am Mikrofonort umgekehrt proportional zur Laufzeit gedämpft. Bei nicht ebenen, komplexen Vorrichtungen ist es schwierig, den genauen Ausbreitungsweg jeder Welle vorherzusagen und dabei auch die nicht spiegelnde Streuung zu berücksichtigen; daher werden die geometrischen Divergenzkorrekturfaktoren auf der Grundlage der spiegelnden Reflexion an einer idealen, ebenen reflektierenden Oberfläche berechnet.

Die Korrekturfaktoren für den Richtfaktor der Schallquelle sind gegeben durch:

$$C_{dir,k}(\Delta f_j) = \frac{\int_{\Delta f_j} |F[h_{i,k}(t, \alpha_k) \cdot w_{i,k}(t)]|^2 df}{\int_{\Delta f_j} |F[h_{i,k}(t, \beta_k) \cdot w_{i,k}(t)]|^2 df} \quad (3)$$

Dabei ist

α_k der Winkel zwischen der Verbindungslinie zwischen der Mitte der Vorderseite des Lautsprechers und Mikrofon 5 und der Verbindungslinie zwischen der Mitte der Vorderseite des Lautsprechers und Mikrofon k [(siehe Bild 5 a)];

β_k der Winkel zwischen der Verbindungslinie zwischen dem Mittelpunkt der Vorderseite des Lautsprechers und Mikrofon 5 und der Verbindungslinie zwischen dem Mittelpunkt der Vorderseite des Lautsprechers und dem spiegelnden Reflexionsweg zum Mikrofon k [(siehe Bild 5 a)];

$h_{i,k}(t, \alpha_k)$ die einfallende Bezugskomponente der Freifeld-Impulsantwort am k -ten Messpunkt;

$h_{i,k}(t, \beta_k)$ die einfallende Bezugskomponente der Freifeld-Impulsantwort an einem Punkt auf dem spiegelnden Reflexionsweg für Mikrofon k und im Abstand $d_{i,k}$ von der Mitte der Vorderseite des Lautsprechers;

$w_{i,k}(t)$ das Zeitfenster (Adrienne-Zeitfenster) der einfallenden Bezugskomponente der Freifeld-Impulsantwort am k -ten Messpunkt;

- F das Symbol der Fourier-Transformation;
- j der Index des j -ten Terzbandes (zwischen 100 Hz und 5 kHz, sofern möglich);
- Δf_j die Breite des j -ten Terzbands;
- k die Anzahl der Mikrofone entsprechend Bild 3 ($k = 1, \dots, 9$).

Bei der Messung der Korrekturfaktoren für den Richtfaktor der Schallquelle müssen der Zähler und der Nenner des Verhältnisses in Gleichung (3) an zwei verschiedenen Punkten im konstanten Abstand $d_{i,k}$ (siehe Tabelle 2) von der Mitte der Vorderseite des Lautsprechers gemessen werden. Der erste Punkt befindet sich an der Position des Mikrofons, der zweite Punkt liegt auf dem Reflexionsweg des vom Lautsprecher abgestrahlten Schalls (siehe Bild 5).

ANMERKUNG 3 Bei nicht ebenen, komplexen Vorrichtungen ist es schwierig, den genauen Ausbreitungsweg jeder Welle vorherzusagen und dabei auch die nicht spiegelnde Streuung zu berücksichtigen; daher werden die Korrekturfaktoren für den Richtfaktor der Schallquelle auf der Grundlage der spiegelnden Reflexion an einer idealen, ebenen reflektierenden Oberfläche berechnet.

Die Korrekturfaktoren für die Richtwirkung der Schallquelle müssen im freien Feld gemessen werden. Die Korrekturfaktoren für den Richtfaktor der Schallquelle müssen nur einmal für jede Schallquelle gemessen werden, wobei davon ausgegangen wird, dass sich die Richtcharakteristiken der Quellen nicht ändern. Aus Gründen der Genauigkeit können sie gelegentlich (z. B. einmal im Jahr) erneut gemessen werden.